

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

EP189019 A1 Abstract

Structure with membranes having pores extending throughout, process for producing this structure and its uses

A structure which can be used as an ultrafiltration membrane has membranes with penetrating carrier pores, which are bound to or bound into a support which may be porous. These membranes each consist of protein molecules or protein-containing molecules which are arranged in the manner of a two-dimensional crystal lattice and between which penetrating pores of identical size and shape having pore diameters especially between 1 and 8 nm remain free, and are in each case advantageously formed from molecules, which were separated off especially from cell walls of prokaryotes, by a recrystallisation process described as self-organisation and preferably flushed onto or into the carrier and cross linked intramolecularly or intermolecularly or to the carrier by extraneous molecules. The structure is also suitable as a separation element for a gas separation or for an ion exchange process and also as a carrier structure for other semipermeable membranes such as hyperfiltration membranes. It can also be used with membranes in a vesicular form as a chromatography column or in film form as a wrapping material for the most diverse substances.

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer:

0 189 019
A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 85890194.5

(22) Anmeldetag: 27.08.85

(51) Int. Cl.⁴: **B 01 D 13/04, C 08 L 89/00,**
B 01 D 53/22, B 01 J 13/02,
B 01 J 47/00, B 01 D 15/08,
A 61 K 9/64, B 65 D 65/38

(30) Priorität: 21.12.84 AT 4069/84
06.03.85 ZA 851706

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung: 30.07.86
Patentblatt 86/31

(34) Benannte Vertragsstaaten: DE

(71) Anmelder: Sleytr, Uwe B., Dipl.-Ing., Dr.,
Pamhammerplatz 10, A-1170 Wien (AT)
Anmelder: Sara, Margit, Dipl.-Ing.,
Vorgartenstrasse 90/2/24, A-1200 Wien (AT)

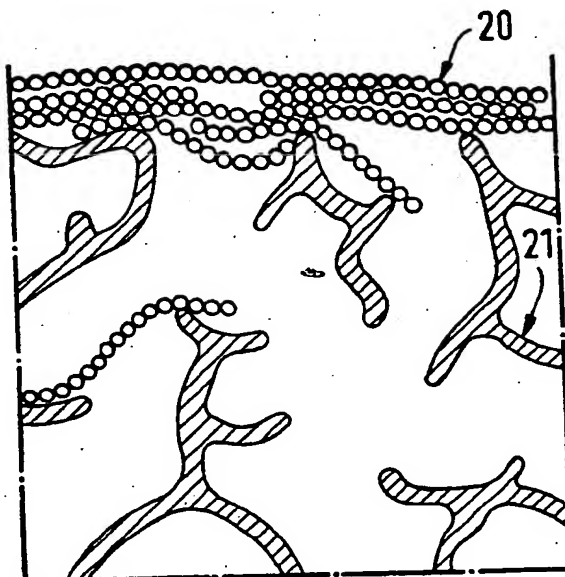
(72) Erfinder: Sleytr, Uwe B., Dipl.-Ing., Dr.,
Pamhammerplatz 10, A-1170 Wien (AT)
Erfinder: Sara, Margit, Dipl.-Ing.,
Vorgartenstrasse 90/2/24, A-1200 Wien (AT)

(74) Vertreter: Stampfer, Heinz, ISOVOLTA 5. österreichische
Isolierstoffwerke AG Industriezentrum-Süd,
A-2351 Wiener Neudorf (AT)

(54) Struktur mit Membranen, die durchgehende Poren aufweisen, Verfahren zum Herstellen dieser Struktur sowie Verwendung der Struktur.

(57) Eine als Ultrafiltrationsmembrane verwendbare Struktur weist Membranen (20) mit durchgehenden Poren auf, die an oder in einem gegebenenfalls porösen Träger (21) gebunden bzw. eingebunden sind. Diese Membranen (20) bestehen jeweils aus gemäss einem zweidimensionalen Kristallgitter angeordneten Proteinmolekülen oder proteinhaltigen Molekülen, zwischen denen durchgehende Poren gleicher Grösse und Form mit Porendurchmessern insbesondere zwischen 1 und 8 nm frei bleiben, und werden jeweils vorteilhaft aus Molekülen, welche insbesondere von Zell-Hüllen von Prokaryonten abgetrennt wurden, durch einen als Selbstorganisation bezeichneten Rekrystallisationsprozess gebildet und vorzugsweise auf oder in den Träger (21) an- bzw. eingeschwemmt und über Fremdmoleküle intra- bzw. inermolekular bzw. mit dem Träger (21) vernetzt.

Die Struktur eignet sich ausserdem als Trennorgan für eine Gasseparation oder für ein Ionenaustauschverfahren sowie auch als Trägerstruktur für andere semipermeablen Membranen wie Hyperfiltrationsmembranen. Sie kann ferner mit Membranen in Vesikelform als Chromatographiesäule bzw. in Folienform als Hüllenmaterial für die verschiedensten Stoffe dienen.



EP 0 189 019 A1

Struktur mit Membranen, die durchgehende Poren aufweisen,
Verfahren zum Herstellen dieser Struktur
sowie Verwendungen der Struktur.

Technisches Gebiet

- 5 Die Erfindung betrifft eine Struktur, die zumindest eine Membrane mit durchgehenden Poren umfaßt oder aus zumindest einer solchen Membrane gebildet ist, wobei diese Poren insbesondere im Durchmesserbereich von 2 bis 200 nm (nanometer) liegen sollen. Sie betrifft ferner Verfahren zum Her-
- 10 stellen dieser Struktur sowie mehrere vorteilhafte Verwendungen der Struktur.

Stand der Technik

- Strukturen mit Membranen, die durchgehende Poren im Durchmesserbereich von 2 bis 200 nm aufweisen, sind z.B. Ultra-
- 15 filtrationsmembranen, welche in Prozessen zur Fraktionierung oder Konzentrierung von Gemischen aus hochmolekularen organischen Stoffen unterschiedlichen Molekulargewichts verwendet werden. Für industrielle und halbindustrielle
- 20 Zwecke werden derzeit in vielen Fällen asymmetrische Ultrafiltrationsmembranen eingesetzt, die aus einer sehr dünnen Trennschicht, die für den Stofftransport durch die Membrane sowie für die Selektivität der Trennung maßgeblich ist und deren Dicke im allgemeinen zwischen 100 und 200 nm liegt,
- 25 und aus einer grobporigen Stützschiicht besteht. Die Trennschichten bestehen dabei aus verschiedenen Polymeren, vorzugsweise aus Cellulosederivaten oder Polysulfonen. Solche Ultrafiltrationsmembranen sind entweder Phaseninversionsmembranen oder Composite-Membranen. Bei den Phaseninver-
- 30 sionsmembranen wird eine homogene Polymerlösung mit einem Fällungsmittel in Berührung gebracht, wonach an der Kontaktfläche Polymerlösung-Fällungsmittel sich die Membrane

ausbildet, in welcher an die feinporige Trennschicht die grobporige Stützschrift anschließt. Bei den Composite-Membranen werden Trenn- und Stützschrift getrennt voneinander hergestellt und erst danach miteinander verbunden.

- 5 Bei den bekannten Ultrafiltrationsmembranen ist der Porendurchmesser keine feste Größe, sondern die Durchmesser der Poren variieren gemäß einer statistischen Verteilung um einen Mittelwert. Dieses Verhalten einer Ultrafiltrationsmembrane wird durch ihre Trennkurve charakterisiert. Zur
- 10 Bestimmung dieser Trennkurve wird für verschiedene ideale Testmoleküle (das sind sphärische Moleküle im ungeladenen Zustand) unterschiedlichen Molekulargewichts (MW) die prozentuale Rückhalterate (R) bestimmt, die bei einer Filtration durch die Ultrafiltrationsmembrane zurückgehalten
- 15 wird. Die Trennkurve selbst stellt eine Interpolation dieser Meßwerte dar und zeigt die Abhängigkeit dieser prozentualen Rückhalterate vom Logarithmus des Molekulargewichts $[\log(MW)]$.

Fig. 1 zeigt ein Diagramm mit den Trennkurven für drei verschiedene im Handel erhältliche Ultrafiltrationsmembranen; nämlich

- Kurve A für die Membrane PSED 25 (Millipore) der Firma Millipore, Bedford Ma, USA,
- Kurve B für die Membrane PSVP 1000 (Millipore) derselben
- 25 Firma und
- Kurve C für die Membrane PM 30 (Amicon) der Firma Amicon Danvers Ma, USA,

Wie aus diesen Trennkurven deutlich wird, können mit Hilfe dieser Ultrafiltrationsmembranen keine scharfen Trennungen

von Molekülen mit geringem unterschiedlichen Molekulargewicht durchgeführt werden.

Eine weitere Kenngröße für die Leistungsfähigkeit einer Ultrafiltrationsmembrane ist die sogenannte Durchflußrate. Das ist die Wassermenge, die pro m² und Stunde bei einer bestimmten, zwischen den beiden Membranseiten herrschenden Druckdifferenz durch die Membrane hindurchfließt. Bei den bekannten Phaseninversionsmembranen, deren Trennschichten eine Dicke von etwa 100-200 nm aufweisen, setzt die Membrane dem durchfließenden Wasser einen beträchtlichen Widerstand entgegen. Dabei ist die Durchflußrate umso höher umso größer die Anzahl der Poren pro Flächeneinheit der Membranen bzw. umso geringer die wirksame Porentiefe, d.h. die Länge der die Poren bildenden Kanäle ist. Weitere wichtige Qualitätsmerkmale von Ultrafiltrationsmembranen sind ferner ihre chemische und/oder thermische Stabilität.

Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Struktur, die zumindest eine Membrane mit durchgehenden Poren umfaßt oder von zumindest einer solchen Membrane gebildet ist, anzugeben, wobei diese Poren insbesondere im Durchmesserbereich von 1 bis 8 nm liegen sollen und wobei bei der Verwendung dieser Struktur als Ultrafiltrationsmembrane man gegebenenfalls scharfe Trennungen zwischen Molekülen mit geringem unterschiedlichen Molekulargewicht realisieren kann; mit welcher Ultrafiltrationsmembrane man ferner eine höhere Durchflußrate erreichen kann als bei den bekannten Ultrafiltrationsmembranen und die eine gute chemische und thermische Stabilität aufweist.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird in der erfindungsgemäßen Struktur gelöst, die dadurch gekennzeichnet

ist, daß die Membrane oder die Membranen, die sich längs
ebenen, gekrümmten, zylindrischen oder vesikulären Flächen
erstrecken, jeweils aus zumindest einer Schicht von anein-
anderliegend miteinander verbundenen und dabei gemäß einem
5 Kristallgitter angeordneten Molekülen, nämlich Proteinmole-
külen oder proteinhaltigen Molekülen, aufgebaut sind, wobei
in diesen Schichten zwischen den Molekülen gemäß einem Gitter
angeordnete durchgehende Poren frei bleiben, und daß
die Membranen an oder in einem gegebenenfalls porösen Trä-
10 gerkörper gebunden bzw. eingebunden sind oder daß sie zu
einer selbsttragenden Folie vereinigt sind. Dabei sind in
diesen Membranen die Proteinmoleküle oder proteinhaltigen
Moleküle vorteilhaft in einer Einzelschicht oder in mehreren
aneinanderliegenden Schichten jeweils gemäß einem Kri-
15 stallgitter angeordnet miteinander verbunden, wobei in diesen
Schichten die aneinanderliegenden Proteinmoleküle oder
proteinhaltigen Moleküle vorzugsweise durch Nebenvalenzbin-
dungen miteinander verbunden sind.

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist
20 die erfindungsgemäße Struktur dadurch gekennzeichnet, daß
mono- oder bifunktionelle Fremdmoleküle an reaktive Gruppen
der Proteinmoleküle oder proteinhaltigen Moleküle, die vor-
teilhaft Carboxylgruppen und/oder Aminogruppen und/oder
Sulfhydrylgruppen und/oder Hydroxylgruppen sein können, ge-
25 bunden sind, wobei die Struktur vorteilhaft Membranen mit
Schichten aus Proteinmolekülen oder proteinhaltigen Mole-
külen aufweist, innerhalb von denen an in wesentlichen al-
len diesen Molekülen an denselben reaktiven Stellen Fremd-
moleküle gebunden sind.

30 Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der erfin-
dungsgemäßen Struktur ist sie dadurch gekennzeichnet, daß
Proteinmoleküle oder proteinhaltige Moleküle der Membranen
durch bifunktionelle Fremdmoleküle intramolekular kovalent

vernetzt sind und/oder daß sie Membranen aufweist, an denen aneinanderliegende oder benachbarte Proteinmoleküle oder proteinhaltige Moleküle, die zur derselben Membran oder zu zwei aneinanderliegenden oder benachbarten Membranen gehören - gegebenenfalls über bifunktionelle Fremdmoleküle - kovalent miteinander vernetzt sind und/oder an denen Proteinmoleküle oder proteinhaltige Moleküle - gegebenenfalls durch bifunktionelle Fremdmoleküle - mit dem Trägermaterial vernetzt sind.

10 In einer noch weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Struktur ist diese dadurch gekennzeichnet, daß die Fremdmoleküle in den Bereich der zwischen den Proteinmolekülen oder den proteinhaltigen Molekülen ausgesparten Membranporen hineinreichen.

15 Nach einer letzten vorteilhaften Ausgestaltung ist die erfindungsgemäße Struktur gekennzeichnet durch Membranen, deren Proteinmoleküle oder proteinhaltigen Moleküle und/oder mit diesen verbundene Fremdmoleküle dissoziierbare Gruppen aufweisen, die unter den Arbeitsbedingungen der Struktur
20 dissoziieren und dadurch vorbestimmte, von diesen Arbeitsbedingungen abhängige elektrische Ladungen annehmen können. Dabei sind diese Membranen, was die Art und/oder Verteilung dieser dissoziierbaren Gruppen an der Membrane anlangt, mit Bezug auf jede zur Membranerstreckung parallele Fläche vor-
25 teilhaft asymmetrisch aufgebaut.

Der Erfindung liegt ferner die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung einer Struktur, die zumindest eine Membrane mit durchgehenden Poren umfaßt, insbesondere ein Verfahren zur Herstellung der erfindungsgemäßen Struktur,
30 anzugeben.

Diese Aufgabe wird in dem erfindungsgemäßen Verfahren ge-

löst, daß dadurch gekennzeichnet ist, daß Proteinmoleküle oder proteinhaltige Moleküle, die gegebenenfalls aus Zell-Hüllen, insbesondere aus Zell-Hüllen von Prokaryonten gewonnen wurden, oder Fragmente von Schichten aus solchen Molekülen, die in diesen Schichten jeweils aneinanderliegend miteinander verbunden sind, in einem flüssigen, gegebenenfalls wässrigen Milieu, das gegebenenfalls chaotropen Agenzien, wie Guanidinhydrochlorid oder Harnstoff, und/oder Tenside enthält, in Lösung bzw. in Suspension gebracht werden, daß danach, gegebenenfalls durch Verringerung der Konzentration der chaotropen Agenzien und/oder Tenside und/oder durch Veränderung des pH-Wertes, in dem Milieu Bedingungen geschaffen werden, bei denen die Proteinmoleküle oder proteinhaltigen Moleküle und/oder die Schichtfragmente sich dann durch Selbstorganisation zu Membranen verbinden, in welchen die Proteinmoleküle oder die proteinhaltigen Moleküle aneinanderliegend gemäß einem Kristallgitter angeordnet sind, in denen zwischen den Molekülen gemäß einem Gitter angeordnete durchgehende Poren frei bleiben, daß die so gebildeten Membranen an bzw. in einem Träger an- bzw. eingebracht werden und daß, gegebenenfalls durch Behandlung mit mono- und/oder bifunktionellen Fremdmolekülen, Proteinmoleküle oder proteinhaltige Moleküle der Membranen an ihren reaktiven Gruppen substituiert und/oder über diese reaktiven Gruppen intramolekulär und/oder miteinander und/oder mit dem Träger vernetzt werden. Dabei wird vorteilhaft zum Herstellen der Lösung bzw. Suspension der Proteinmoleküle oder proteinhaltigen Moleküle und/oder der aus solchen Molekülen aufgebauten Schichtfragmente eine gegebenenfalls wässrige Suspension aus Zell-Hüllen einer Art hergestellt, die äußere Schichten aufweisen, welche aus aneinanderliegend miteinander verbunden und gemäß einem Kristallgitter angeordneten Proteinmolekülen oder proteinhaltigen Molekülen aufgebaut sind, wobei in diesen Schichten zwischen den Molekülen gemäß einem Gitter angeordnete durchgehende Poren

5

frei bleiben, wonach, gegebenenfalls durch Zugabe von chaotropen Agenzien und/oder Tensiden und/oder durch Veränderung des pH-Wertes in das bzw. in dem Milieu, die genannten Proteinmoleküle oder proteinhaltigen Moleküle oder Fragmente der aus diesen Molekülen bestehenden Schichten von den Zell-Hüllen abgetrennt werden, und daß die Reste der Zell-Hüllen aus dem Milieu abgetrennt werden.

10

15

Nach vorteilhaften Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt das Abtrennen der Proteinmoleküle oder proteinhaltigen Moleküle vorteilhaft durch Erhöhung des pH-Wertes von etwa pH 7.0 auf einen Wert kleiner gleich 13,0, insbesondere aber auf einen Wert kleiner gleich 9,5, oder durch Verringerung des pH-Wertes von etwa pH 7,0 auf einen Wert größer gleich 1,0, insbesondere aber auf einen Wert größer gleich 2,5.

20

Gemäß einer anderen vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das erfindungsgemäße Verfahren dadurch gekennzeichnet, daß die für die Induzierung der Selbstorganisation der Proteinmoleküle oder proteinhaltigen Moleküle und/oder der abgelösten Schichtfragmente zu Membranen durchzuführende Reduktion der Konzentration der chaotropen Agenzien und/oder Tenside und/oder Veränderung des pH-Wertes durch eine Dialyse erfolgt.

25

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das erfindungsgemäße Verfahren dadurch gekennzeichnet, daß die mono- und/oder bifunktionellen Fremdmoleküle Gruppen aufweisen, die mit Carboxylgruppen, Aminogruppen, Sulfhydrylgruppen oder Hydroxylgruppen der Proteinmoleküle oder proteinhaltigen Moleküle reagieren.

30

Nach einer anderen vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die Selbstorganisation der Proteinmoleküle oder der proteinhaltigen Moleküle und/oder

der Schichtfragmente zu Membranen an einer Phasengrenzfläche fest zu flüssig.

5 Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das erfindungsgemäße Verfahren dadurch gekennzeichnet, daß die durch Selbstorganisation der Proteinmoleküle oder proteinhaltigen Moleküle und/oder der Schichtfragmente gebildeten Membranen praktisch alle maximale Abmessungen in ihrer Fläche von weniger als 100 µm, vorzugsweise aber von weniger als 15 µm ausweisen.

10 In einer letzten vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahren schließlich erfolgt das An- bzw. Einbringen der Membranen an bzw. in einen porösen Träger durch Anschwemmen an den Träger.

15 Die Erfindung umfaßt schließlich folgende erfindungsgemäßen Verwendungen der erfindungsgemäßen Struktur oder der nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Struktur, nämlich

- 20 - die Verwendung der Struktur als Ultrafilter, oder als Trennorgan für eine Gasseparation oder als Trennorgan für ein Ionenaustauschverfahren;
- 25 - die Verwendung der Struktur als Träger für andere semipermeablen Membranen, die sich über Poren der Membranen der Struktur spannen, wobei gegebenenfalls diese anderen semipermeablen Membranen mit Proteinmolekülen oder proteinhaltigen Molekülen der Membranen der Struktur über Carboxylgruppen und/oder Aminogruppen und/oder Sulfhydrylgruppen und/oder Hydroxylgruppen direkt oder über bifunktionelle Fremdmoleküle vernetzt sind. Dabei können diese anderen semipermeablen Membranen vorteilhaft sein:
- 30 - Hyperfiltrationsmembranen, gegebenenfalls Tensid- oder tensidartige Lipoid-Hyperfiltrationsmembranen, oder

Trennorgane für eine Gasseparation oder Trennorgane für ein Ionenaustauschverfahren oder Trennorgane für ein Pervaporationsverfahren oder Lösungsdiffusionsmembranen;

- 5 - die Verwendung als Trennsäule für eine Durchdringungs-
chromatographie, in der die Membranen gegebenenfalls als
Vesikel geformt sind.
- die Verwendung als Hüllenmaterial für Stoffe, wobei das
Hüllenmaterial gegebenenfalls als biologisch abbaubares
Verpackungsmaterial oder als Kapselhüllen für oral zu
10 verabreichende pharmazeutische Präparate verwendet wer-
den kann.

Beschreibung der erfindungswesentlichen Zeichnungen sowie
einiger vorteilhafter Wege zur Ausführung der Erfindung

Die Zell-Hüllen von manchen Prokaryonten, insbesondere von
15 manchen Bazillen weisen eine äußerste Schicht auf, deren
elektronenmikroskopisch ermittelte Massenverteilung eine
Periodizität aufweist, welche auf eine kristalline Struktur
der Schicht schließen läßt. Diese äußerste Schicht, die in
der Folge als S-Schicht (S-layer = surface layer) bezeich-
20 net wird, kann von der darunterliegenden peptidoklykanhäl-
tigen Schicht der Zell-Hüllen in einem wässrigen Milieu
durch Zugabe von chaotropen Agenzien abgetrennt und in Lö-
sung gebracht werden. Wie man durch biochemische Methoden
feststellen kann, bestehen diese S-Schichten in den meisten
25 Fällen aus identischen Molekülen, nämlich Proteinmolekülen
oder proteinhaltigen Molekülen. Vermindert man nun z.B.
durch eine Dialyse die Konzentration dieser chaotropen
Agenzien in der Lösung, so bilden sich aus diesen Molekülen
durch Selbstorganisation kleine Membranfragmente mit Abmes-
30 sungen in der Fläche bis zu etwa 10 bis 15 µm aus, welche
dieselbe Massenverteilung aufweisen wie die ursprüngliche
S-Schicht. Diese Membranfragmente werden in der Folge

P-Membranen genannt. Da solche P-Membranen ferner bei einer weiteren Konzentrationserhöhung der chaotropen Agenzien wieder zerfallen und bei einer neuerlichen Konzentrationsverminderung sich wieder als P-Membranen ausbilden, geht
 5 man davon aus, daß die P-Membranen jeweils aus Schichten von aneinanderliegend miteinander verbundenen und dabei gemäß einem Kristallgitter angeordneten Proteinmolekülen oder proteinhaltigen Molekülen aufgebaut sind und daß die reversibel lösbare und wieder herstellbare Verbindung zwischen
 10 den Molekülen in den P-Membranen über Nebenvalenzen dieser Moleküle erfolgt.

Aus der festgestellten Massenverteilung erkennt man den Gittertyp, der quadratisch, hexagonal oder schräg sein kann. Die Figuren 2 bis 4 zeigen drei Modellvorstellungen,
 15 wie man sich die S-Schichten bzw. P-Membranen aus den hier mit 1,1' bzw. 1" bezeichneten Proteinmolekülen bzw. proteinhaltigen Molekülen als Subeinheiten aufgebaut denkt; Fig. 2 zeigt ein quadratisches Gitter mit p4-Symmetrie, Fig. 3 ein hexagonales Gitter mit p6-Symmetrie und Fig. 4
 20 ein schräges Gitter mit p2-Symmetrie. Aufgrund der elektronenmikroskopisch auflösbaren Massenverteilung der S-Schichten bzw. P-Membranen wurde angenommen, daß - wie in den Figuren 2 bis 4 schematisch dargestellt - zwischen den Subeinheiten dieser S-Schichten oder P-Membranen durchgehende
 25 Poren bestimmter Form und Größe frei bleiben. Diese Annahme hat sich bestätigt, worauf aber erst weiter unten näher eingegangen werden soll.

Nachstehend sei nun anhand der Figuren 5 bis 7 in einem ersten Beispiel die Herstellung einer Struktur beschrieben,
 30 zu deren Aufbau solche P-Membranen eingesetzt werden und die vorteilhaft als Ultrafilter verwendet werden kann.

Beispiel 1

Bei diesem Beispiel geht man von Zellen des Bacillus ste-

arothermophilus 3c/NRS 1536 aus, dessen Zell-Hüllen aus
 einer Cytoplasmamembrane, einer peptidoglykanhältigen
 Schicht und der S-Schicht aufgebaut sind. Die Zellen wer-
 den, wie in der Mikrobiologie üblich, zunächst durch Ultra-
 5 schallbehandlung aufgerissen, die Cytoplasmamembran-Frag-
 mente mit Hilfe von Detergentien desintegriert und die
 restlichen Zell-Hüllenfragmente durch Waschen von Zellin-
 haltstoffen gereinigt. In einem wässrigen Milieu werden
 dann die S-Schichten durch Zugabe von 5M Guanidinhydrochlor-
 10 rid als chaotropes Agens von der peptidoglykanhältigen
 Schicht abgetrennt und in Lösung gebracht. Diese Lösung
 wird dann von den Peptidoglykan-Fragmenten durch Zentrifu-
 gieren getrennt und die klare Lösung gegen eine 10mM
 CaCl_2 -enthaltende neutrale Pufferlösung dialysiert. Im
 15 Zuge dieser Dialyse, bei der in der Lösung die Konzentra-
 tion des Guanidinhydrochlorids bis praktisch auf Null ver-
 ringert und die CaCl_2 -Konzentration erhöht werden, ent-
 stehen durch Selbstorganisation die P-Membranen, welche
 eine quadratische Gitterstruktur (p4-Symmetrie) mit einer
 20 Periodizität von 14 nm aufweisen und deren maximale Abmes-
 sungen in der Fläche etwa 15 μm betragen und die in dem
 wässrigen Milieu durch Rühren in Suspension gehalten wer-
 den.

Zur Herstellung des Ultrafilters wird eine Druckappara-
 25 tur 2, wie sie in Fig. 5 im Schnitt dargestellt ist, ver-
 wendet. Sie besteht aus einem Bodenteil 3, welcher eine zy-
 lindrische Vertiefung 4 mit einem gerippten Boden aufweist,
 in der eine poröse Sinterplatte 5 eingelegt ist; der Raum
 unterhalb der Sinterplatte 5 ist dabei über einen Auslaßka-
 30 nal 6 mit einem Auslaßstutzen 7 verbunden. Auf diesem Bo-
 denteil 3 ist über einen O-Dichtungsring 8 ein zylindri-
 scher Wandteil 9 aus Plexiglas aufgesetzt, welcher seiner-
 seits über einen zweiten O-Dichtungsring 10 mit einem Dek-
 kelteil 11 verbunden ist, in welchem ein Zuführungs kanal 12
 35 mit Anschlüssen 13, 14 für einen Einfüllstutzen bzw. eine

Druckgasquelle vorgesehen ist. An der Unterseite des Deckelteils 11 ist eine Magnetrühreinrichtung 15 befestigt, die mit ihrem Rührer 16 bis an die untere Kante des zylindrischen Wandteils 9 nach unten reicht. Für den Betrieb der Druckapparat-
5 ur werden Boden- und Deckelteil durch eine bei 17 und 17' angreifende Klemmvorrichtung zusammengehalten.

Zur Herstellung des Ultrafilters wird nun in die Druckapparat-
ratur auf der Sinterplatte 5 ein scheibenförmiges Mikrofilter 18 der Firma Nuclepore, Tübingen, BRD als Trägermaterial für das herzustellende Ultrafilter eingelegt. Dieses
10 Mikrofilter 18 besteht aus einer etwa 10 μm starken Polycarbonatfolie mit Poren von durchwegs gleicher Größe mit einem Porendurchmesser von 0,1 μm . Über den Anschluß 13 im Deckelteil 11 wird dann die vorstehend beschriebene P-Membranen-Suspension in einer Menge eingefüllt, daß pro cm^2
15 Fläche des Mikrofilters 25 μg P-Membranen in der Suspension enthalten sind. Danach wird über den Anschluß 14 als Druckgas Stickstoff mit einem Überdruck von $0.5 \cdot 10^5$ Pa einge-
leitet, wodurch die flüssige Phase der Suspension durch das
20 Mikrofilter 18 und die poröse Sinterplatte 5 gepreßt und die P-Membranen an das Mikrofilter 18 angeschwemmt werden. Danach wird über den Anschluß 13 3 ml einer 2.0 Vol.-%igen Lösung von Glutardialdehyd (in 0,1M Natrium-cacodylatpuffer, pH 7,2) auf die angeschwemmten P-Membranen auf-
25 gebracht. Darauf wird neuerlich ein Überdruck von $2 \cdot 10^5$ Pa erzeugt, welcher bewirkt, daß die Glutardialdehydlösung während 20 min bei 20°C durch die angeschwemmten P-Membranen und das Mikrofilter 18 gedrückt werden. Dabei reagiert der Glutardialdehyd, der an beiden Enden eine Carbonylgruppe aufweist, als bifunktionaler Vernetzer mit zwei ϵ -Aminogruppen des Lysins der proteinhaltigen Moleküle der
30 P-Membranen und zwar entweder intramolekular, wenn die beiden ϵ -Aminogruppen von demselben proteinhaltigen Molekül stammen, oder intermolekular, wenn die beiden ϵ -Aminogruppen von zwei verschiedenen proteinhaltigen Molekülen der
35

P-Membranen herrühren.

Nach mehrmaligem Waschen ist die aus dem Mikrofilter 18 und den angeschwemmten und vernetzten P-Membranen bestehende Ultrafiltrationsmembrane dann im wesentlichen fertig und kann der Druckapparatur 2 entnommen werden. Die Druckapparat 2 mit der so hergestellten Ultrafiltrationsmembrane kann aber auch direkt als Ultrafiltrationseinrichtung verwendet werden.

Zur Aufnahme der Trennkurve wurden bei einem durch eingeleiteten Stickstoff erzeugten Überdruck von $2 \cdot 10^5$ Pa für eine Reihe von Testmolekülen bei pH-Werten, bei denen die Testmoleküle jeweils elektrisch ungeladen sind, also bei ihrem isoelektrischen Punkt (IEP) mit dieser Ultrafiltrationseinrichtung Filtrationstests durchgeführt. Als Testsubstanzen dienten dabei folgende Proteine:

Nr.	Protein	Molekulargewicht	IEP
1	Myoglobin	17.000	6.6
2	Subtilisin	27.000	9.4
3	Ovalbumin	43.000	4,6
20 4	Rinderserum Albumin	67.000	4,7
5	Ferritin	440.000	4,3

Fig. 6 zeigt ein Diagramm mit der Trennkurve, die aus den Meßwerten für die Rückhaltemengen dieser Testsubstanzen interpoliert wurde. Die Trennkurve zeigt eine scharfe Ausschlußgrenze zwischen den Rückhaltemengen des Subtilisins und des Ovalbumins. Diese Trennkurve beweist auch, daß die P-Membranen tatsächlich durchgehende Poren gleicher Größe aufweisen; der Porendurchmesser wird aufgrund der Form der Trennkurve mit 4-5 nm angenommen.

Die bei dieser Ultrafiltrationsmembrane bei einem Membran-Überdruck von $2 \cdot 10^5$ Pa bestimmte Durchflußrate liegt bei

480 l/h.m². Die Durchflußrate ist jedoch von der Menge der angeschwemmten P-Membranen abhängig. So erniedrigt sie sich bei einer angeschwemmten P-Membranmenge von 50 µg/cm² Membranoberfläche auf einen Wert von 220 l/h.m².

- 5 Die so hergestellte Ultrafiltrationsmembrane hat noch eine weitere vorteilhafte Eigenschaft die nachstehend näher erläutert werden soll:

Zur elektrischen Nettoladung der S-Schichtfragmente bzw. der unvernetzten P-Membranen in Abhängigkeit des pH-Wertes
10 des sie umgebenden wässrigen Milieus tragen die freien Aminogruppen und Carboxylgruppen in unterschiedlicher Weise bei. Und zwar erzeugen die Aminogruppen bis zu einem pH-Wert kleiner 9.0 positive Ladungen und die Carboxylgruppen im Bereich über pH 2.0 negative Ladungen. Bei einem be-
15 stimmten pH-Wert, d.h. an ihrem isoelektrischen Punkt (IEP), kompensieren sich die negativen und positiven Ladungen, so daß die S-Schichtfragmente und P-Membranen dann nach außen als elektrisch neutral erscheinen. Bei dem vor-
liegenden Beispiel gehen durch die Reaktion des Glutardial-
20 dehyds mit den ϵ -Aminogruppen des Lysins der proteinhaltigen Moleküle der P-Membranen potentielle positive Ladungsträger der P-Membranen verloren, wodurch der IEP der vernetzten P-Membranen in den sauren Bereich verschoben wird und bei einem Wert kleiner pH 2.0 liegt. Diese negative
25 Nettoladung der vernetzten P-Membranen ist bei Filtrationen unter physiologischen Bedingungen in vielen Fällen ein wirksamer Schutz gegen ein Verstopfen der Membranporen.

Fig. 7 zeigt in einer Teildarstellung schematisch im
Schnitt die gemäß diesem Beispiel hergestellte Ultrafiltra-
30 tionsmembrane. Auf der Oberfläche des mit durchgehenden Poren 19 versehenen Mikrofilters 18 sind die mit 20 bezeichneten P-Membranen angeschwemmt und durch Vernetzung fixiert. Sie sind dabei in einer Menge aufgebracht, daß die

5 Gesamtoberfläche der P-Membranmenge etwa das zwei- bis dreifache der Fläche der Ultrafiltrationsmembranen ausmacht, so daß die P-Membranen gemittelt etwa in zwei Schichten übereinanderliegen und sich dabei zum Teil überlappen.

Beispiel 2

10 Abweichend vom Verfahren nach Beispiel 1 geht man bei diesem Beispiel von Zellen des *Bacillus stearothermophilus* PV 72 aus. Die Zell-Hüllen bestehen auch hier aus einer Cytoplasmamembrane, einer peptidoglykanhaltigen Schicht und einer S-Schicht aus proteinhaltigen Molekülen. Aus den Zell-Hüllen wird nun - analog wie im Beispiel 1 beschrieben - eine Suspension von P-Membranen hergestellt. Die S-Schicht bzw. die P-Membranen der Zell-Hüllen dieses *Bacillus* weisen eine hexagonale Gitterstruktur (p6-Symmetrie) mit einer Periodizität von 18 nm auf.

20 Zum Herstellen einer als Ultrafiltrationsmembrane verwendbaren Struktur wird als Träger ein scheibenförmiges Mikrofilter aus Nylon vom Typ Ultipor N₆₆ T der Firma Pall, Cortland, N.Y., USA einer Stärke von 150 µm in die Druckappartur 2 eingelegt. Dieses Mikrofilter weist freie Amino- und Carboxylgruppen im Verhältnis 1:1 auf. Ähnlich wie gemäß Beispiel 1 wird die P-Membran-Suspension in einer Menge auf das Mikrofilter aufgebracht, daß pro cm² Mikrofilterfläche 30 µg P-Membranen in der Suspension enthalten sind, und die P-Membranen durch Aufbringen eines Membran-Überdrucks von $2 \cdot 10^5$ Pa an bzw. in die schwammartige Struktur des Mikrofilters auf- bzw. eingeschwemmt.

30 Fig. 8 zeigt in einer Teildarstellung im Schnitt das Mikrofilter 21, welches eine offenporige Schwammstruktur hat, wobei die Größen der freigelassenen Poren eine statistische Verteilung um einen Mittelwert aufweisen, sowie die auf- bzw. eingeschwemmte P-Membranen 20. Danach wird bei einem

Überdruck von $2 \cdot 10^5$ 1 ml einer 0,1%igen Dimethylsuberimidat-Lösung (1M Triäthanolaminpuffer, pH 9.5) während 60 min bei 4°C durch die P-Membranen 20 und das Mikrofilter 21 gedrückt. Dabei reagiert das Dimethylsuberimidat als bifunktioneller Imidoester wie ein Aldehyd vorwiegend mit den ϵ -Aminogruppen des Lysins der proteinhaltigen Moleküle der P-Membranen intra- sowie intermolekular sowie mit den Aminogruppen des Nylon-Mikrofiltermaterials. Nach mehrmaligem Waschen ist die Ultrafiltrationsmembran dann gebrauchsfertig.

Fig. 9 zeigt das Diagramm mit der Trennkurve der Ultrafiltrationsmembrane. Es zeigt eine ähnlich scharfe Ausschlussgrenze wie die im Beispiel 1 beschriebene Membrane.

Die bei der Reaktion des Dimethylsuberimidats mit den ϵ -Aminogruppen entstehenden Amidine erzeugen in ähnlicher Weise wie die ϵ -Aminogruppen des Lysins eine positive Ladung, so daß die natürliche Nettoladung der P-Membrane durch die Vernetzung kaum geändert wird.

Die in vorstehenden Beispielen 1 und 2 beschriebenen Strukturen mit P-Membranen, die vorteilhaft als Ultrafiltrationsmembranen eingesetzt werden können, haben durch die Vernetzung mit bifunktionellen Fremdmolekülen eine hohe chemische, thermische und mechanische Stabilität. Sie sind insbesondere gegen einen proteolytischen Abbau stabil, autoklavierbar und können auch in einem sauren und alkalischen Milieu (pH 1 bis 13) sowie zusammen mit hochkonzentrierten chaotropen Agenzien (5M Guanidinhydrochlorid, 8M Harnstoff) verwendet werden. Wesentlich ist auch die Resistenz der Strukturen gegen organische Flüssigkeiten, wie Ketone, Alkohole und chlorierte Kohlenwasserstoffe.

Der gewünschte Porendurchmesser der Ultrafiltrationsmembranen wird im wesentlichen durch die Auswahl des zu verwen-

denden Mikroorganismus erreicht, deren Zell-Hüllen S-Schichten mit Poren mit in etwa dem angestrebten Porendurchmesser aufweisen. Der gewünschte Porendurchmesser kann dann noch durch Anlagerung von Fremdmolekülen variiert werden, die in den Bereich der Poren der P-Membranen hineinreichen, worauf noch später näher eingegangen werden soll.

P-Membranen die aus einer Molekülschicht aufgebaut sind weisen Schichtdicken von etwa 5 bis 20 nm und Porendurchmesser im Bereich zwischen 1 und 8 nm auf.

- 10 Hinsichtlich der Erzeugung der P-Membranen-Suspension sei noch bemerkt, daß man durch Wahl der Konzentration der chaotropen Agenzien bzw. der Tenside erreichen kann, daß die S-Schicht-Fragmente von der peptidoglykanhaltigen Schicht der Zell-Hüllen-Fragmente lediglich abgetrennt werden oder daß die S-Schicht-Fragmente selbst desintegriert und in Lösung gebracht werden. Erreicht man z.B. durch Be-
- 15 handeln mit 2,5M Guanidinhydrochlorid nur ein Abtrennen der S-Schicht-Fragmente, wird durch 5M Guanidinhydrochlorid durch Sprengung der Bindungen zwischen den einzelnen Pro-
- 20 teinmolekülen oder proteinhaltigen Molekülen eine Desintegration der S-Schicht erzielt. Eine Desintegration der S-Schicht kann auch durch eine starke Veränderung des pH-Wertes der die S-Schichten enthaltenen Lösung bewirkt werden; und zwar z.B. durch Absenkung des pH-Wertes von etwa
- 25 7,0 auf 2,5, bzw. in manchen Fällen durch Anheben von 7,0 auf 9,5.

Die Flächen der durch Selbstorganisation entstehenden P-Membranen können eben, gekrümmt, zylindrisch oder vesikulär ausgebildet sein. Gemäß den Beispielen 1 und 2 wurden

30 P-Membranen eingesetzt, deren Flächen im wesentlichen eben sind.

Die Figuren 10 und 11 zeigen Varianten der in den Beispielen

len 1 und 2 beschriebenen Strukturen bei denen die P-Membranen 20' vesikulär ausgebildet sind.

Fig. 12 zeigt eine weitere Variante der Struktur gemäß Beispiel 2, bei deren Herstellung vesikulär und eben ausgebildete P-Membranen 20' bzw. 20 eingesetzt wurden. Dabei wurden die vesikulären P-Membranen hauptsächlich in die Poren eingeschwemmt, während man die ebenen P-Membranen überwiegend auf die Oberfläche des Mikrofilters 21 angeschwemmt hat.

10 Nachstehend seien nun noch einige weitere Beispiele für die Vernetzung der P-Membranen beschrieben.

- Hexamethylen-diisocyanat
reagiert an den P-Membranen bevorzugt mit den Aminogruppen und nach deren Absättigung mit den Hydroxylgruppen, so daß eine intermolekuläre Vernetzung über beide funktionelle Gruppen erfolgen kann. Hexamethylen-diisocyanat wird z.B. in einer 1%igen Lösung mit 5% Tetrahydrofuran (Triäthanolaminhydrochlorid, pH 8,0) eingesetzt. Reaktionsdauer ist z.B. 4 Stunden bei 20°C.
- 20 - N-N'-Dijodoacetyl-hexamethylen-diamin
greift wie auch andere bifunktionelle Alkylhalide Sulfhydrylgruppen an den P-Membranen an, allerdings unter geeigneten Reaktionsbedingungen auch die Aminogruppen. Im neutralen oder schwach alkalischen Milieu ist dieser Vernetzer jedoch für die Sulfhydrylgruppen spezifisch. Bei der Vernetzung wird das N-N'-Dijodoacetyl-hexamethylen-diamin bevorzugt in einer 0,5%igen Lösung (0,1 Natriumacetatpuffer, pH 7,2) verwendet. Die Reaktionsdauer beträgt 3 Stunden bei 4°C.
- 30 - 1-Ethyl-3-(3 dimethylaminopropyl)-carbodiimidhydrochlorid (EDC)

Carbodiimide wie EDC reagieren im sauren Milieu mit den Carboxyl-, Sulfhydryl- und Hydroxylgruppen des Tyrosins an den P-Membranen. Sulfhydrylgruppen müssen - sollen sie an der Reaktion nicht teilnehmen - vorher maskiert werden. Durch die Blockierung der Carboxylgruppen mit EDC wird der pK-Wert der P-Membranen in den sauren Bereich verschoben. 0,1M EDC in aqua dest (0,02M NaOH, pH 8,0) wird z.B. während 18 Stunden bei Raumtemperatur reagieren gelassen.

10 Es seien nun nachstehend einige Beispiele der Anlagerung von Fremdmolekülen an die Proteinmoleküle oder proteinhaltigen Moleküle der P-Membranen gegeben, wobei diese Fremdmoleküle gegebenenfalls die Porengröße der vernetzten P-Membranen beeinflussen:

15 - Die auf einen porösen Träger, z.B. ein Mikrofilter angeschwemmten P-Membrane werden mit einer Lösung von polykationisiertem Ferritin (5µg polykationisiertes Ferritin in 1 ml H₂O) überschichtet und 5 min bei 20°C inkubiert. Wie elektronenmikroskopisch festgestellt werden konnte, wird unter diesen Bedingungen an jedes Proteinmolekül oder proteinhaltiges Molekül der P-Membranen jeweils ein Ferritinmolekül über elektrostatische Wechselwirkungen gebunden. Durch eine nachfolgende Vernetzung mit Glutardialdehyd analog wie bei dem in Beispiel 1 beschriebenen Verfahren werden die Ferritinmoleküle dann kovalent an die P-Membranen gebunden.

30 - Die auf einem Träger aufgebrachten P-Membranen werden mit einer 1%igen Lösung von Osmiumtetroxyd überschichtet und 30 min bei 20°C inkubiert. Nach Auswaschen der überschüssigen Lösung kann das in den P-Membranen chemisch gebundene Osmium elektronenmikroskopisch und mit Hilfe der Röntgenmikroanalyse nachgewiesen werden. Darauf erfolgt die Vernetzung der P-Membranen wie gemäß Bei-

spiel 1.

- 5 - Die auf einem Träger aufgebrauchten P-Membranen werden mit einem bifunktionellen Vernetzungsmittel behandelt, dessen Brückenlänge der Größe des Porendurchmessers der P-Membrane nahekommt. Als bifunktionelle Vernetzungsmittel mit unterschiedlicher Brückenlänge kommen dabei z.B. folgende Substanzen in Betracht:

Tartryl-di-(glycylazid) (TDGA) : 1,3 nm Brückenlänge

10 Tartryl-di-(ϵ -Aminocaproylazid) (TDCA) :
2,3 nm Brückenlänge

Bis-methyl-3,8-diaza-4,7-dioxo-5,6-dihydroxydecan-
bisimidat (DEBE) : 1,4 nm Brückenlänge

Bis-methyl-4,9-diaza-5,8-dioxo-6,7-dihydroxydodecan-
bisimidat (DOBE) : 1,7 nm Brückenlänge

- 15 - Die Reaktion von TDGA bzw. TDCA, DEBE oder DOBE (0,01M in aqua dest mit 1M Triäthanolamin, pH 8,0) erfolgt während einer Stunde bei 4°C oder während 30 min bei 20°C; danach kann eine Vernetzung wie gemäß Beispiel 1 nachfolgen.

20 Beispiel 3

- In diesem Beispiel wird eine Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens beschrieben, bei der eine Schicht aus P-Membranen erzeugt wird, die über etwas größere Flächenbereiche, die insbesondere Abmessungen bis zu 100 μ m haben können,
25 aus jeweils einer einlagigen P-Membrane bestehen. Dazu wird wie in Beispiel 1 beschrieben, eine Suspension aus P-Membranen erzeugt, die von Zell-Hüllen des Bacillus stearothermophilus 3c/NRS 1536 gewonnen wurde. Die S-Schichten der Zell-Hüllen dieses Bacillus sind an ihren an der Zell-
30 Außenseite liegenden Oberfläche, an welcher der Kohlenhydratrest der diese S-Schichten bildenden proteinhaltigen Moleküle (Glykoproteine) exponiert ist, elektrisch neutral,

während sie an ihrer anderen Oberfläche eine negative Nettoladung aufweisen. Die genannte P-Membranen-Suspension enthält nun außerdem noch freie proteinhaltige Moleküle der S-Schichten in Lösung. Ein Mikrofilter mit besonders glatter Oberfläche, wie er auch gemäß Beispiel 1 verwendet wurde, wird an einer Oberfläche mit einer Lösung von Alcianblau (0,1% in aqua dest) behandelt und getrocknet. Das Alcianblau erzeugt in neutralem Milieu auf der Mikrofilteroberfläche eine positive Flächenladung. Die P-Membranen-Suspension wird nun unter leichtem Rühren auf das Mikrofilter aufgebracht. Dabei tritt - induziert durch die positive Flächenladung einerseits an einigen Bereichen der Mikrofilteroberfläche eine Selbstorganisation der sich noch in Lösung befindlichen Proteinmoleküle oder proteinhaltigen Moleküle zu P-Membranen ein, wobei die negativ geladene Seite der P-Membranen an der positiv geladenen Mikrofilteroberfläche anliegt, während, andererseits, sich die in Suspension befindlichen P-Membranen, die gewöhnlich maximale Abmessungen in der Fläche bis zu 15 µm haben können, mit ihrer negativ geladenen Seite bevorzugt auf die noch freien Bereiche der Mikrofilteroberfläche anlegen. Zur Stabilisierung der so gebildeten P-Membran-Schicht wird sie - analog wie im Beispiel 1 beschrieben - vernetzt.

Fig. 13 zeigt in einer Teildarstellung im Schnitt die so erzeugte Struktur, die ebenfalls vorteilhaft als Ultrafiltrationsmembrane verwendet werden kann, mit dem Mikrofilter 21 und einer durch Selbstorganisation an der Phasengrenzfläche fest zu flüssig erzeugten P-Membrane 20" größerer Flächenausdehnung. Bei ihrer Verwendung als Ultrafiltrationsmembrane weist die so hergestellte Struktur dieselbe Ausschlußgrenze und Trennschärfe auf wie die nach Beispiel 1 hergestellte Struktur.

Ganz allgemein und zum Teil in Abweichung von den in den Beispielen 1 bis 3 beschriebenen Verfahren können als

Stützflächen, an welchen sich eine P-Membranen-Schicht aus-
bildet, auch andere Schichten, wie z.B. peptidoglykanhälti-
ge Schichten, Pseudomunreinschichten, Lipidschichten, Poly-
merschichten, Gele und dgl. verwendet werden. Diese
5 Schichten können, wenn sie durchgehende Poren aufweisen,
deren Größe über denen der P-Membranen liegt, als bleiben-
der Träger für die P-Membranen-Schichten dienen oder sie
können auch Hilfsschichten sein, die man nach Bildung der
P-Membranen-Schicht z.B. durch organische Lösungsmittel
10 wieder entfernt. Die von Hilfsschichten getrennten P-Mem-
branen-Schichten können dann, gegebenenfalls nach einer ko-
valenten Vernetzung, auf einen den Erfordernissen der beab-
sichtigten Verwendung der erfindungsgemäßen Struktur besser
angepaßten endgültigen Träger aufgebracht werden, mit dem
15 sie dann gegebenenfalls ebenfalls kovalent vernetzt werden
können.

Die Oberflächeneigenschaften der "Stützfläche", wie ihr hy-
drophiler oder hydrophober Charakter bzw. die spezifische
Nettoladung und die Ladungsverteilung an der "Stützfläche",
20 erlauben - ähnlich wie bei dem Verfahren nach Beispiel 3 -
eine orientierte Bindung der P-Membranen bzw. der Protein-
moleküle oder proteinhaltigen Moleküle an der "Stütz-
schicht" und begünstigen damit die Ausbildung der P-Membra-
nen-Schicht. Diese Oberflächeneigenschaften können vorteil-
25 haft auch durch ein elektrisches Feld erzeugt werden, das
z.B. von einem elektrisch geladenen, als "Stützfläche" die-
nenden Metallspiegel ausgeht. Diese Oberflächeneigenschaf-
ten sollen u.a. so sein, daß die Bindungskraft zwischen der
"Stützfläche" und der sich an ihr anlagernden Proteinmole-
30 küle oder proteinhaltigen Moleküle genügend schwach ist,
daß die auf dieser "Stützfläche" stattfindende Selbstorga-
nisation dieser Moleküle zu P-Membranen nicht behindert
wird. Das ist wichtig für die Ausbildung von P-Membranen
mit wenig Störungen im Kristallgitter.

Die bisher beschriebenen Beispiele bzw. ihre Varianten befaßten sich alle mit Strukturen mit P-Membranen, bei welchen jeweils die Proteinmoleküle oder proteinhaltigen Moleküle in einer Einzelschicht miteinander verbunden sind.

5 Fig. 14 zeigt nun in einer Teildarstellung schematisch im Schnitt eine weitere Variante der erfindungsgemäßen Struktur, bei der auf ein poröser Mikrofilter 21, wie es auch gemäß Beispiel 2 verwendet wurde, eine P-Membranen-Schicht aufgebracht wird, die aus P-Membranen 22 besteht, welche
10 aus zwei Schichten 23, 23' von Proteinmolekülen oder proteinhaltigen Molekülen spiegelbildlich aufgebaut ist. Jede dieser beiden Molekül-Schichten 23, 23' ist an seiner Innenseite bzw. an seiner Außenseite unterschiedlich ausgebildet und die beiden Schichten 23, 23' sind so miteinander
15 verbunden, daß sie die energetisch stabilste Lage einnehmen. Die beiden Schichten 23, 23' können außerdem miteinander bzw. die P-Membrane 22 mit dem Mikrofilter 21 kovalent vernetzt sein.

Einige weitere vorteilhafte Verwendungen der erfindungsgemäßen Struktur, die gewerblich bedeutsam sind.
20 gemäßen Struktur, die gewerblich bedeutsam sind.

Neben einer Verwendung als Ultrafiltrationsmembrane, kann die erfindungsgemäße Struktur auch vorteilhaft als Trennorgan für eine Gasseparation oder als Trennorgan für ein Ionenaustauschverfahren verwendet werden.

25 In weiteren vorteilhaften Verwendungen dient die erfindungsgemäße Struktur als Träger für andere semipermeablen Membranen, die sich über die Poren der P-Membranen der Struktur spannen. Diese anderen semipermeablen Membranen können gegebenenfalls Hyperfiltrationsmembranen, insbesondere
30 mono- oder bimolekulare Hyperfiltrationsmembranen sein. Solche Hyperfiltrationsmembranen, insbesondere Tensid- oder tensidartige Lipoid-Hyperfiltrationsmembranen haben im allgemeinen nur eine Dicke von 2 bis 6 nm und sind

besonders fragil. Hyperfiltrationsmembranen werden insbesondere auf den Gebieten der Meerwasserentsalzung, der Abwasseraufbereitung, der Auftrennung von Gemischen organischer Flüssigkeiten, insbesondere zur Kohlenwasserstofftrennung durch Pervaporation oder zur Trennung optischer Antipoden mittels chiraler Trennschichten verwendet.

Fig. 15 zeigt in einer Teildarstellung im Schnitt eine erfindungsgemäße Struktur, deren Herstellung im Beispiel 2 beschrieben wurde (siehe Fig. 8), auf dessen P-Membranen-Schicht 24 die Hyperfiltrationsmembrane 25 aufgebracht ist. Bei der Verwendung der erfindungsgemäßen Strukturen als Träger von Hyperfiltrationsmembranen wird die Filter- bzw. Trennwirkung im wesentlichen durch die Hyperfiltrationsmembrane bestimmt. Fehler, wie kleine Löcher oder dgl. in der P-Membranen-Schicht 24 sind dabei nicht unbedingt störend. Die vernetzte P-Membran-Schicht eignet sich dabei besonders gut als Träger für die Hyperfiltrationsmembranen, da sie eine ausreichende mechanische Stabilität aufweist, um Poren und rauhe Oberflächen der herkömmlichen Trägerschichten für Ultrafiltrationsmembranen so zu überspannen oder auszufüllen, daß die fragilen Hyperfiltrationsmembranen, insbesondere quervernetzte Monoschichten lückenlos aufgezogen oder abgeschieden werden können. Ferner sind die P-Membran-Schichten ausreichend dünn und ihre Porendichte genügend groß, um in Kombination mit Hyperfiltrationsmembranen einen genügend hohen Durchsatz zu gewährleisten.

Eine besonders glatte Oberfläche der P-Membranen-Schicht erhält man insbesondere durch folgendes Verfahren. Es wird - analog wie im Beispiel 1 beschrieben - auf einem Polycarbonat-Träger mit sehr glatter Oberfläche eine P-Membranen-Schicht erzeugt und vernetzt. Der Polycarbonat-Träger wird dann in Chloroform aufgelöst, wobei eine zusammenhängende P-Membranen-Schicht einer Dicke von 5-100 nm zurückbleibt, die dann mit ihrer ursprünglichen, sehr glatten Unterseite

nach oben auf einen anderen porösen Träger abgesetzt wird. Auf dieser sehr glatten exponierten Oberfläche der P-Membranen-Schicht wird nun die Hyperfiltrationsmembrane abgesetzt und gegebenenfalls mit der P-Membranen-Schicht ver-
5 netzt.

Verbunde aus einer P-Membranen-Schicht und einer Hyperfiltrationsmembrane kann man vorteilhaft auch so herstellen, daß man auf eine Hyperfiltrationsmembrane, die eine definierte Oberflächennettoladung aufweist, als "Stützfläche"
10 - z.B. analog wie anhand von Beispiel 3 beschrieben - eine P-Membranen-Schicht ausbildet und diese gegebenenfalls mit der Hyperfiltrationsmembrane vernetzt.

Für eine kovalente Vernetzung zwischen den Hyperfiltrationsmembranen und den P-Membranen-Schichten kommen vor allem Reaktionen in Frage, bei denen Carboxyl-, Hydroxyl-,
15 Amino- und Sulfhydrylgruppen beteiligt sind. Bei P-Membranen aus Glykoproteinen und Hyperfiltrationsmembran-Einzelschichten mit Zuckerresten können auch kohlenhydratchemische Reaktionen angewandt werden.

20 Verbunde aus einer P-Membranen-Schicht und einer Hyperfiltrationsmembrane können ferner selbst als Träger oder "Stützfläche" für weitere Hyperfiltrationsmembranen oder P-Membranen-Schichten dienen. Solche Mehrfachschicht-Verbunde können in der Ebene der Einzelschichten oder auch
25 zwischen den Einzelschichten durch kovalente Bindungen vernetzt sein. Die Ausbildung eines Sandwich-Verbundes bestehend aus zwei Hyperfiltrationsmembranen an beiden Seiten einer P-Membranen-Schicht erlaubt den Einschub von Fremdmolekülen, wie Enzymen oder Ladungsträgern, welche das Ver-
30 halten eines solchen Sandwich-Verbundes wesentlich beeinflussen können.

Die genannten Verbunde bzw. Mehrfachschicht-Verbunde können

auch vorteilhaft die Form von geschlossenen Vesikeln haben, bei deren Herstellung man von einem "Startvesikel" bestehend aus einer Hyperfiltrationsmembrane oder aus einer P-Membranen-Schicht ausgehen kann.

- 5 In einer weiteren vorteilhaften Verwendung wird die erfindungsgemäße Struktur als Trennsäule für eine Durchdringungschromatographie eingesetzt. Fig. 16 zeigt in einer Teildarstellung schematisch im Schnitt eine solche Chromatographiesäule 26, in der vesikuläre, gegebenenfalls intra- und intermolekular vernetzte P-Membranen 20' mit einem In-
- 10 nendurchmesser d im Bereich von 1 bis 3 μm eingefüllt sind. Die zu trennenden Substanzen werden dabei an der Säule oben aufgegeben. Nach Durchlaufen und Eluieren der Substanzen kommen die größeren Moleküle am unteren Ende der Chromatographiesäule früher heraus als die kleineren Moleküle, wobei die Chromatographie eine sehr scharfe Fraktionierung im Bereich der Porengröße der P-Membranen aufweist.

- Gemäß einer vorteilhaften Variante lassen sich die Durchflußraten durch die Trennsäule dadurch erhöhen, daß die
- 20 P-Membran-Vesikel 20' miteinander kovalent vernetzt in morphologisch definierte und mechanisch stabile Aggregate zusammengefaßt sind. Zur Herstellung dieser Aggregate wird ein dichtes Pellet (Sediment) von P-Membran-Vesikeln in dünner Schicht rasch eingefroren, unter flüssigem Stick-
- 25 stoff zu kleinen Bruchstücken zerrieben und in der Folge in einer Mischung aus Methanol und Glutardialdehyd z.B. bei -80°C gefriersubstituiert, wobei die Vernetzung mit Hilfe des Glutardialdehyds stattfindet. Die gewonnenen Aggregate können nun noch weiter zerkleinert, nach Größenklassen gesichtet und für die Füllung der Trennsäule nur bestimmte
- 30 Größenklassen der Aggregate verwendet werden. Es können ferner vor oder nach dem Einfüllen in die Säule die Aggregate in Puffer übergeführt werden und bzw. es können an den Aggregaten chemische oder enzymatische Veränderungen durch-

geführt werden.

5 In einer letzten vorteilhaften Verwendung schließlich wird die erfindungsgemäße Struktur als Hüllenmaterial für Stoffe verschiedenster Art verwendet. Dieses Hüllenmaterial kann
10 dabei eine vernetzte P-Membranen-Schicht sein, welche wie weiter oben beschrieben auf einer Hilfsschicht oder "Stützfläche" erzeugt wird, wonach die Hilfsschicht gegebenenfalls entfernt wird. Die so erzeugten Folien können z.B. vorteilhaft als Verpackungsmaterial verwendet werden und
15 haben dabei den Vorteil, daß sie gegebenenfalls biologisch abbaubar sein können, wobei man die Abbaugeschwindigkeit durch die Art und den Grad der kovalenten Vernetzung beeinflussen kann.

15 P-Membranen-Schichten dieser Art können schließlich auch als Kapselhüllen für oral zu verabreichende pharmazeutische Präparate Verwendung finden, wobei es erst durch den proteolytischen Abbau in bestimmten Abschnitten des Verdauungstraktes zur gewünschten Freisetzung des Inhalts kommt. Durch eine gezielte chemische Veränderung der P-Membranen-
20 Schichten der Kapselhüllen kann ihre Abbaugeschwindigkeit und damit der Zeitpunkt der Freisetzung des Kapselinhaltes bestimmt werden. Dabei kann die Freisetzung des Kapselinhaltes bereits vor Auflösung der P-Membranen-Schicht erfolgen, und zwar durch die Porengröße gesteuert. Darüberhinaus
25 könnten pH-Effekte die Freisetzung induzieren.

PATENTANSPRÜCHE

1. Struktur, die zumindest eine Membrane mit durchgehenden Poren umfaßt oder aus zumindest einer solchen Membrane gebildet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Membrane oder die Membranen, die sich längs ebenen, gekrümmten, zylindrischen oder vesikulären Flächen erstrecken, jeweils aus zumindest einer Schicht von aneinanderliegend miteinander verbundenen und dabei gemäß einem Kristallgitter angeordneten Molekülen, nämlich Proteinmolekülen oder proteinhaltigen Molekülen, aufgebaut sind, wobei in diesen Schichten zwischen den Molekülen gemäß einem Gitter angeordnete durchgehende Poren frei bleiben, und daß die Membranen an oder in einem, gegebenenfalls porösen Trägerkörper gebunden bzw. eingebunden sind oder daß sie zu einer selbsttragenden Folie vereinigt sind.
2. Struktur nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch Membranen, in denen die Proteinmoleküle oder proteinhaltigen Moleküle gemäß einem Kristallgitter in einer Einzelschicht aneinanderliegend angeordnet miteinander verbunden sind.
3. Struktur nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch Membranen, in denen die Proteinmoleküle oder proteinhaltigen Moleküle in mehreren aneinanderliegenden Schichten jeweils gemäß einem Kristallgitter angeordnet miteinander verbunden sind.
4. Struktur nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß in den Schichten die aneinanderliegenden Proteinmoleküle oder proteinhaltigen Moleküle durch Nebervalenzbindungen miteinander verbunden sind.
5. Struktur nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß mono- oder bifunktionelle Fremdmole-

küle an reaktive Gruppen der Proteinmoleküle oder proteinhaltigen Moleküle gebunden sind.

6. Struktur nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die reaktiven Gruppen Carboxylgruppen und/oder Amino-
gruppen und/oder Sulfhydrylgruppen und/oder Hydroxyl-
gruppen sind.
7. Struktur nach Anspruch 5 oder 6, gekennzeichnet durch
Membranen mit Schichten aus Proteinmolekülen oder pro-
teinhaltigen Molekülen, innerhalb von denen an im we-
sentlichen allen diesen Molekülen an denselben reaktiven
Stellen Fremdmoleküle gebunden sind.
8. Struktur nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch ge-
kennzeichnet, daß Proteinmoleküle oder proteinhaltige
Moleküle der Membranen durch bifunktionelle Fremdmolekü-
le intramolekular kovalent vernetzt sind.
9. Struktur nach einem der Ansprüche 1 bis 8, gekennzeich-
net durch Membranen, an denen aneinanderliegende oder
benachbarte Proteinmoleküle oder proteinhaltige Molekü-
le, die zur derselben Membran oder zu zwei aneinander-
liegenden oder benachbarten Membranen gehören gegebenen-
falls über bifunktionelle Fremdmoleküle kovalent mitein-
ander vernetzt sind.
10. Struktur nach einem der Ansprüche 1 bis 9 gekennzeich-
net durch Membranen, an denen Proteinmoleküle oder pro-
teinhaltige Moleküle - gegebenenfalls durch bifunktio-
nelle Fremdmoleküle - mit dem Trägermaterial vernetzt
sind.
11. Struktur nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch ge-
kennzeichnet, daß die Fremdmoleküle in den Bereich der

zwischen den Proteinmolekülen oder den proteinhaltigen Molekülen ausgesparten Membranporen hineinreichen.

12. Struktur nach einem der Ansprüche 1 bis 11, gekennzeichnet durch Membranen, deren Proteinmoleküle oder proteinhaltigen Moleküle und/oder mit diesen verbundene Fremdmoleküle dissoziierbare Gruppen aufweisen, die unter den Arbeitsbedingungen der Struktur dissoziieren und dadurch vorbestimmte, von diesen Arbeitsbedingungen abhängige elektrische Ladungen annehmen können.
13. Struktur nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch Membranen, die, was die Art und/oder Verteilung dieser dissoziierbaren Gruppen an der Membran anlangt, mit Bezug auf jede zur Membranerstreckung parallele Fläche asymmetrisch aufgebaut sind.
14. Verfahren zum Herstellen einer Struktur, insbesondere einer Struktur nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß Proteinmoleküle oder proteinhaltige Moleküle, die gegebenenfalls aus Zell-Hüllen, insbesondere aus Zell-Hüllen von Prokaryonten gewonnen wurden, oder Fragmente von Schichten aus solchen Molekülen, die in diesen Schichten jeweils aneinanderliegend miteinander verbunden sind, in einem flüssigen, gegebenenfalls wässrigen Milieu, das gegebenenfalls chaotrope Agenzien, wie Guanidinhydrochlorid oder Harnstoff und/oder Tenside enthält, in Lösung bzw. in Suspension gebracht werden, daß danach, gegebenenfalls durch Verringerung der Konzentration der chaotropen Agenzien und/oder Tenside und/oder durch Veränderung des pH-Wertes, in dem Milieu Bedingungen geschaffen werden, bei denen die Proteinmoleküle oder proteinhaltigen Moleküle und/oder die Schichtfragmente sich dann durch Selbstorganisation zu Membranen verbinden, in welchen die Proteinmo-

leküle oder die proteinhältigen Moleküle aneinanderliegend gemäß einem Kristallgitter angeordnet sind, wobei zwischen den Molekülen gemäß einem Gitter angeordnete durchgehende Poren frei bleiben, daß die so gebildeten Membranen an bzw. in einem Träger an- bzw. eingebracht werden und daß, gegebenenfalls durch Behandlung mit mono- und/oder bifunktionellen Fremdmolekülen, Proteinmoleküle oder proteinhältige Moleküle der Membranen an ihren reaktiven Gruppen substituiert und/oder über diese reaktiven Gruppen intramolekulär und/oder miteinander und/oder mit dem Träger vernetzt werden.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß zum Herstellen der Lösung bzw. Suspension der Proteinmoleküle oder der proteinhältigen Moleküle und/oder der aus solchen Molekülen aufgebauten Schichtfragmente eine gegebenenfalls wässrige Suspension aus Zell-Hüllen einer Art hergestellt wird, die äußere Schichten aufweisen, welche aus aneinanderliegend miteinander verbundenen und gemäß einem Kristallgitter angeordneten Proteinmolekülen oder proteinhältigen Molekülen aufgebaut sind, wobei in diesen Schichten zwischen den Molekülen gemäß einem Gitter angeordnete durchgehende Poren frei bleiben, daß, gegebenenfalls durch Zugabe von chaotropen Agenzien und/oder Tensiden und/oder durch Veränderung des pH-Wertes in das bzw. in dem Milieu, die genannten Proteinmoleküle oder proteinhältigen Moleküle oder Fragmente der aus diesen Molekülen bestehenden Schichten von den Zell-Hüllen abgetrennt werden und daß die Reste der Zell-Hüllen aus dem Milieu abgetrennt werden.
16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Abtrennen der Proteinmoleküle oder proteinhältigen Moleküle oder der Fragmente von aus diesen Molekülen bestehenden Schichten durch eine Erhöhung des pH-Wertes

von etwa 7,0 auf einen Wert kleiner gleich 13,0, vorzugsweise aber kleiner gleich 9,5 erfolgt.

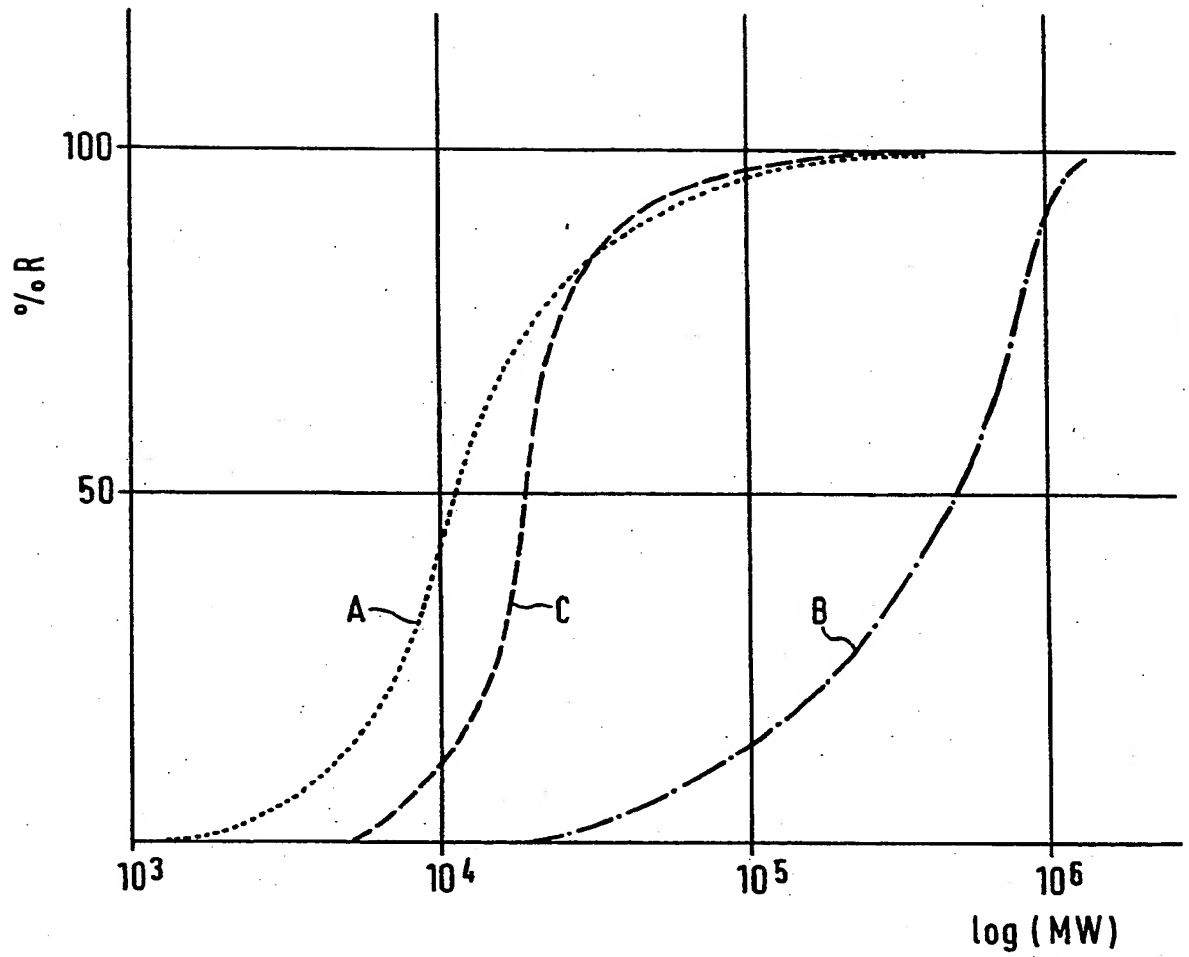
17. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Abtrennen der Proteinmoleküle oder proteinhaltigen Moleküle oder der Fragmente von aus diesen Molekülen bestehenden Schichten durch eine Verringerung des pH-Wertes auf einen Wert größer gleich 1,0, vorzugsweise aber größer gleich 2,5 erfolgt.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die für die Induzierung der Selbstorganisation der Proteinmoleküle oder proteinhaltigen Moleküle und/oder der abgelösten Schichtfragmente zu Membranen durchzuführende Reduktion der Konzentration der chaotropen Agenzien und/oder Tenside und/oder Veränderung des pH-Wertes durch eine Dialyse erfolgt.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die mono- und/oder bifunktionellen Fremdmoleküle Gruppen aufweisen, die mit Carboxylgruppen, Aminogruppen, Sulfydrylgruppen oder Hydroxylgruppen der Proteinmoleküle oder proteinhaltigen Moleküle reagieren.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Selbstorganisation der Proteinmoleküle oder proteinhaltigen Moleküle und/oder der Schichtfragmente zu Membranen an einer Phasengrenze fest zu flüssig erfolgt.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die durch Selbstorganisation der Proteinmoleküle oder proteinhaltigen Moleküle und/oder der Schichtfragmente gebildeten Membrane praktisch alle

maximale Abmessungen in ihrer Fläche von weniger als 100 μm , vorzugsweise aber von weniger als 15 μm aufweisen.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß das An- bzw. Einbringen der Membranen an bzw. in den Träger durch Anschwemmen an einen porösen Träger erfolgt.
23. Verwendung der Struktur nach einem der Ansprüche 1 bis 13 oder einer gemäß einem Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 22 hergestellten Struktur, dadurch gekennzeichnet, daß sie als Ultrafilter oder als Trennorgan für eine Gasseparation oder als Trennorgan für ein Ionenaustauschverfahren verwendet wird.
24. Verwendung der Struktur nach einem der Ansprüche 1 bis 13 oder einer gemäß einem Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 22 hergestellten Struktur, dadurch gekennzeichnet, daß sie als Träger für andere semipermeable Membranen, die sich über Poren der Membranen der Struktur spannen, verwendet wird, wobei gegebenenfalls diese anderen semipermeablen Membranen mit Proteinmolekülen oder proteinhaltige Molekülen der Membranen der Struktur über Carboxylgruppen und/oder Aminogruppen und/oder Sulfhydrylgruppen und/oder Hydroxylgruppen direkt oder über bifunktionelle Fremdmoleküle vernetzt sind.
25. Verwendung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß diese anderen semipermeablen Membranen Hyperfiltrationsmembranen, gegebenenfalls Tensid- oder tensidartige Lipoid-Hyperfiltrationsmembranen, sind.
26. Verwendung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß diese anderen semipermeablen Membranen Trennorgane für

eine Gasseparation sind.

27. Verwendung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß diese anderen semipermeablen Membranen Trennorgane für ein Ionenaustauschverfahren sind.
28. Verwendung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß diese anderen semipermeablen Membranen Trennorgane für ein Pervaporationsverfahren sind.
29. Verwendung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß diese anderen semipermeablen Membranen Lösungsdiffusionsmembrane sind.
30. Verwendung der Struktur nach einem der Ansprüche 1 bis 13, oder einer gemäß einem Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 22 hergestellten Struktur, dadurch gekennzeichnet, daß sie als Trennsäule für eine Durchdringungschromatographie, in der die Membranen gegebenenfalls als Vesikel geformt sind, verwendet wird.
31. Verwendung einer Struktur nach einem der Ansprüche 1 bis 13 in Form einer Folie, dadurch gekennzeichnet, daß sie als Hüllenmaterial für Stoffe verwendet wird.
32. Verwendung nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Struktur als biologisch abbaubares Verpackungsmaterial verwendet wird.
33. Verwendung nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Struktur als Kapselhüllen für oral zu verabreichende pharmazeutische Präparate verwendet wird.

***Fig. 1***

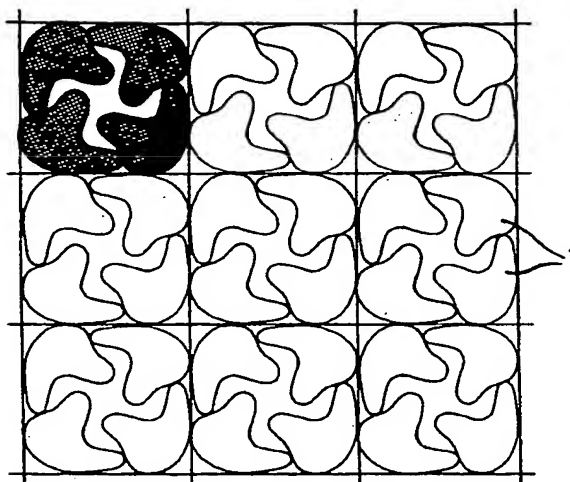
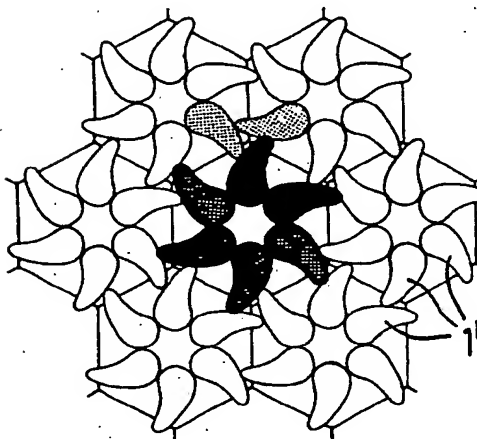
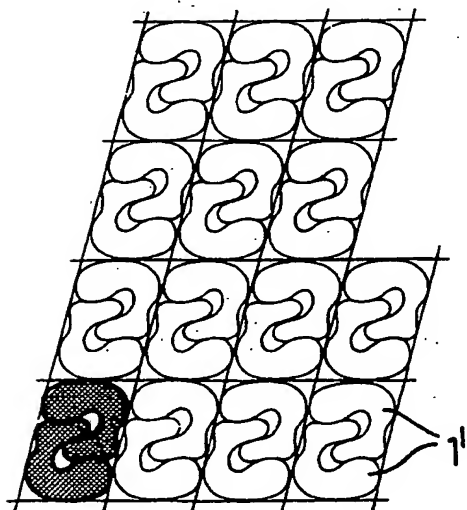
***Fig. 2******Fig. 3******Fig. 4***

Fig. 1

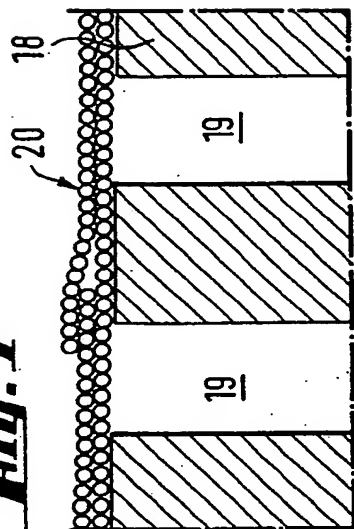


Fig. 8

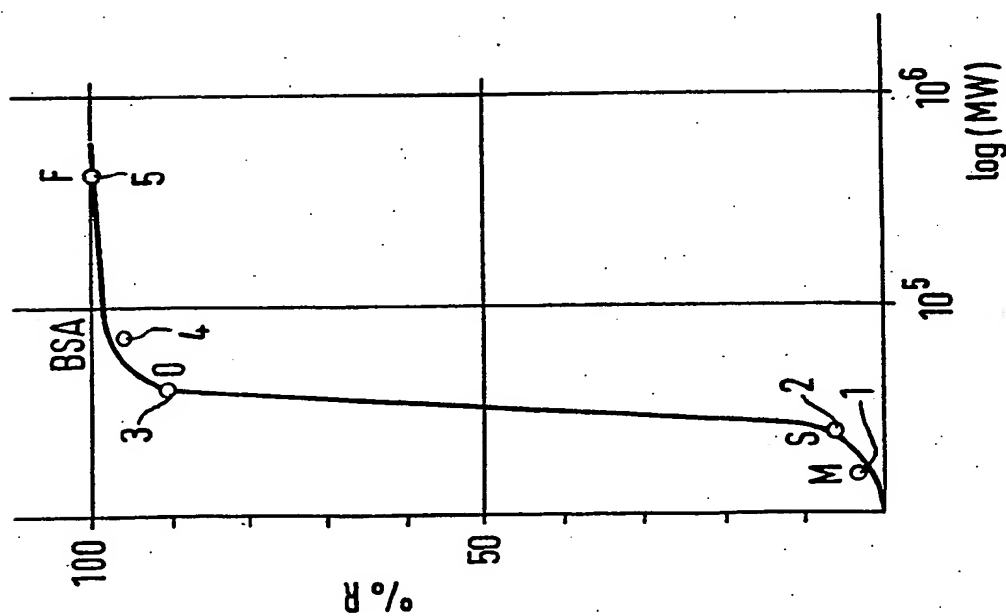
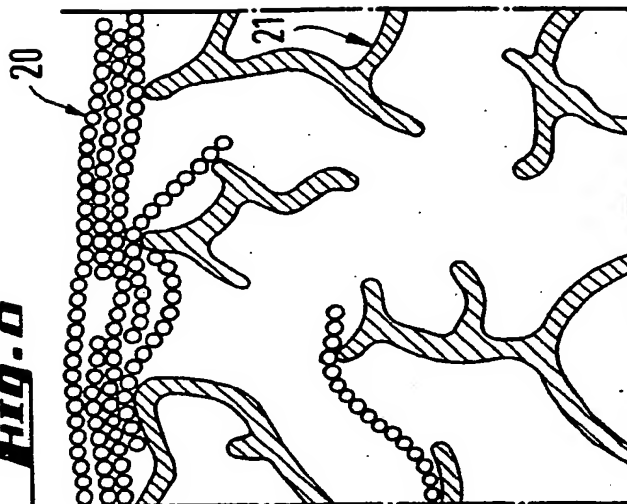
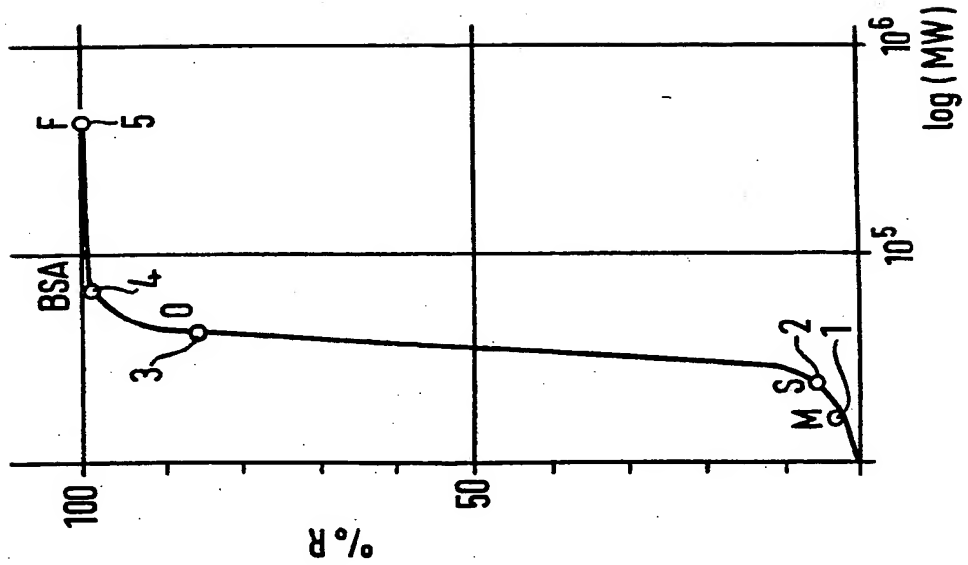
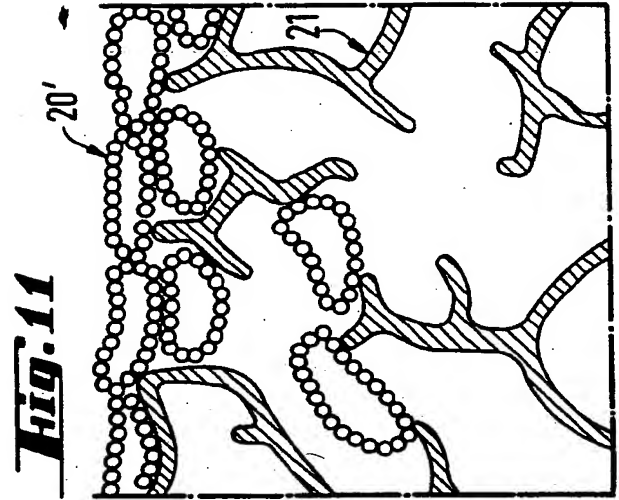
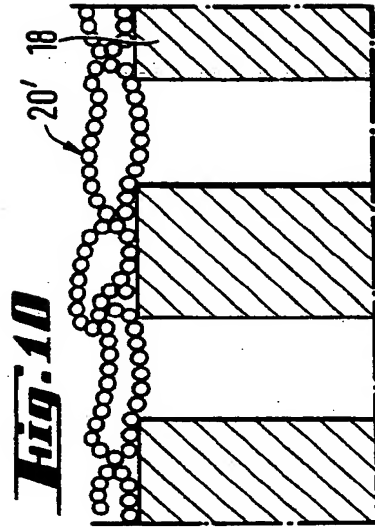


Fig. 6



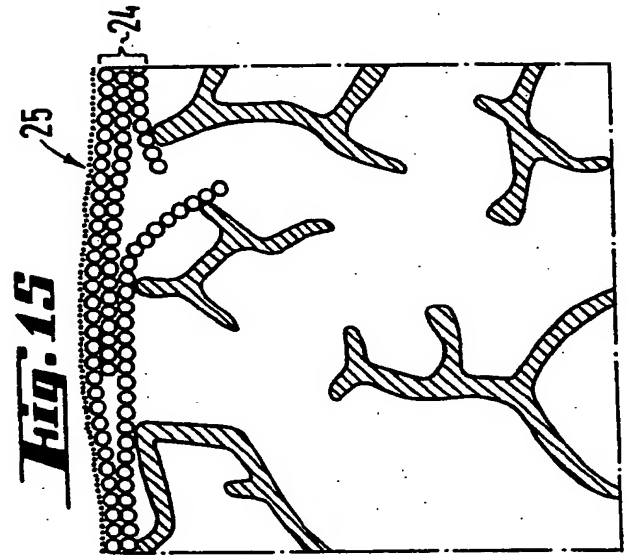
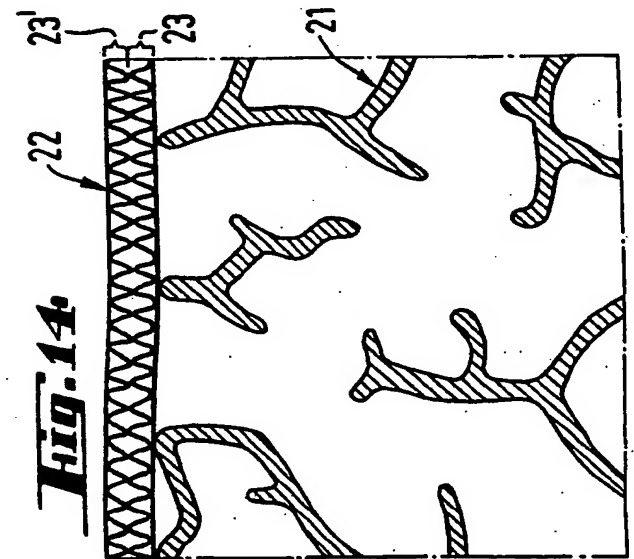
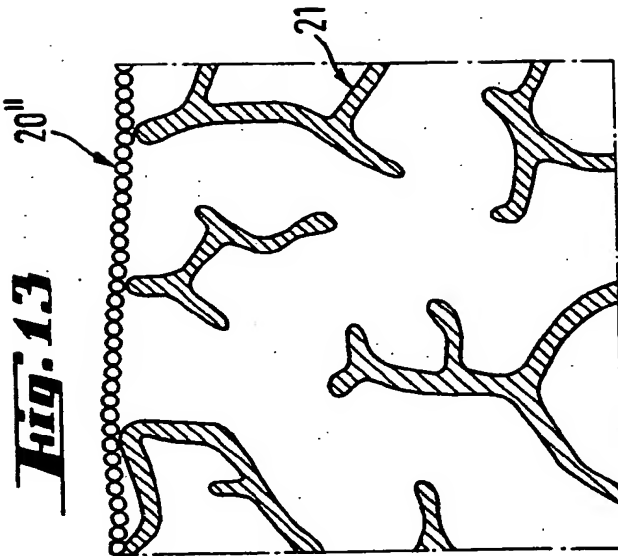
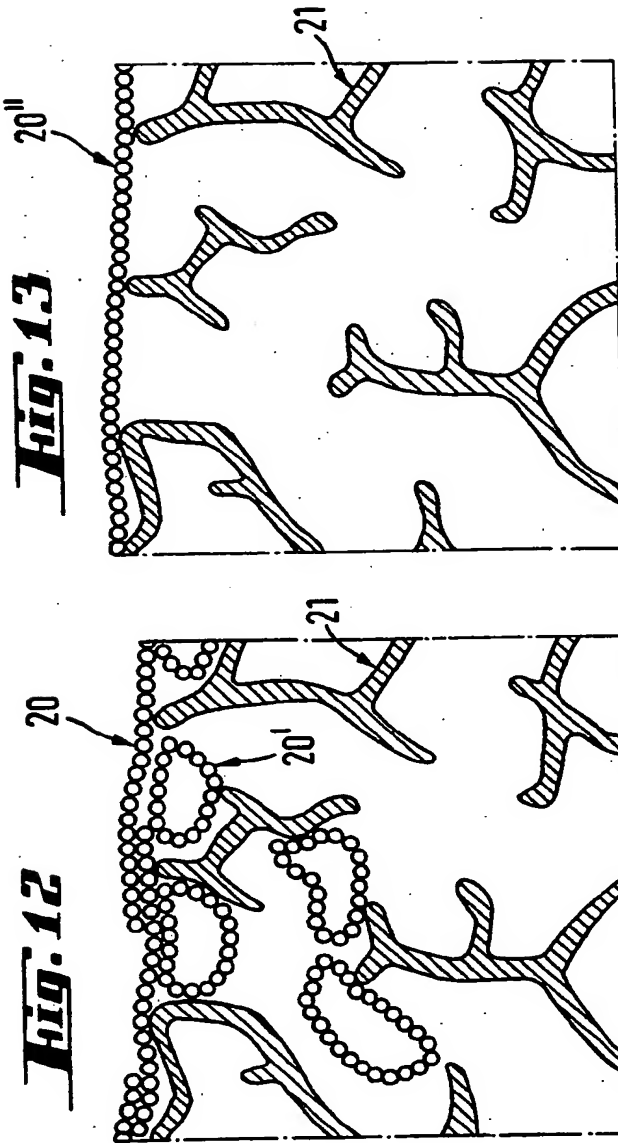
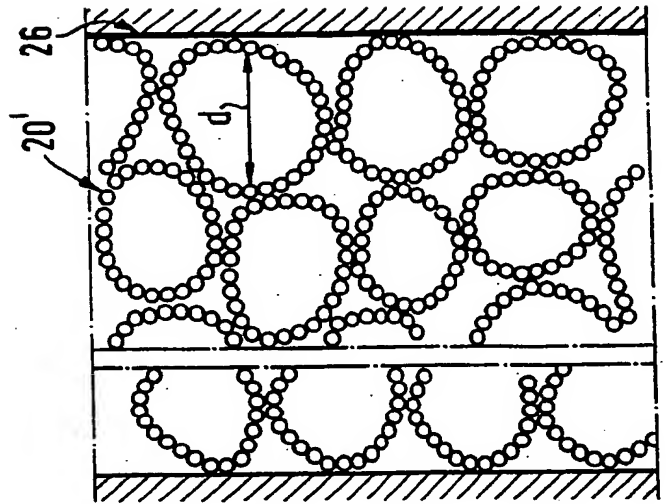


Fig. 16





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0 189 019

EP 85 89 0194

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
X	DE-B-1 249 517 (DR. H. THIELE) * Spalte 1, Zeilen 1-27; Spalte 3, Zeilen 28-36, 47-55; Beispiel 1; Spalte 4, Zeilen 40-54 *	1, 23	B 01 D 13/04 C 08 L 89/00 B 01 D 53/22 B 01 J 13/02 B 01 J 47/00 B 01 D 15/08 A 61 K 9/64 B 65 D 65/38
A		9, 27	
X	--- CHEMICAL ABSTRACTS, Band 99, Nr. 1, 04. Juli 1983, Seite 210, Nr. 2009c, Columbus, Ohio, US; D.L. DORSET et al.: "Two-dimensional crystal packing of matrix porin. A channel forming protein in Escherichia coli outer membranes" & J. MOL. BIOL. 1983, 165(4), 701-10 * Zusammenfassung *	1, 2, 14 15, 18	
Y	idem	3, 16, 17, 20- 23	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 4) B 01 D A 61 K C 12 R
Y	--- US-A-3 593 852 (AMERICAN CYANAMID CORP.) * Zusammenfassung; Spalte 2, Zeilen 16-39; Spalte 4, Zeilen 34-76; Spalte 3, Zeile 70 - Spalte 4, Zeile 5; Spalte 6, Zeilen 64-75; Patentanspruch 1; Spalte 1, Zeilen 50-61 *	3, 20- 23	
	--- -/-		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 01-10-1985	Prüfer HOORNAERT P.G.R.J.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
A	---	1, 14, 15	
Y	CHEMICAL ABSTRACTS, Band 98, Nr. 17, 25. April 1983, Seite 218, Nr. 139218u, Columbus, Ohio, US; R. GARAVITO et al.: "X-ray diffraction analysis of matrix porin, an integral membrane protein from Escherichia coli outer membranes" & J. MOL. BIOL. 1983, 164(2), 313-27 * Zusammenfassung *	16, 17	
A	idem ---	1, 2, 4, 15, 18	
A	DE-B-1 237 303 (DR. H. THIELE) * Spalte 1, Zeilen 1-22, 49-52; Spalte 2, Zeilen 44-48 * ---	1, 23	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 4)
A	FR-A-1 421 584 (KODAK-PATHE) * Spalte 1, Zeilen 7-39 * ---	1	
E	EP-A-0 154 620 (U. SLEYTR) * Patentansprüche 1-33 * -----	1-33	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 01-10-1985	Prüfer HOORNAERT P.G.R.J.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

